Zum weiteren Ausbau der Lehre von den Bergzerreißungen

Von

Otto Ampferer

ordentl. Mitglied der Akad. der Wiss.

(Mit 10 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 25. April 1940)

Im Jahre 1936 machte ich den Versuch, nach Erfahrungen in Vorarlberg für die Schaffung von Karhohlräumen auch fallweise die Mitwirkung von Gleitungen heranzuziehen.

Im Jahre 1938 erweiterte ich dann in der Arbeit „Über einige Formen der Bergzerreißung — Sitzungsberichte d. Akad. d. Wiss., Abt. I, 148. Bd. — 1939" die Betrachtung der Hanggleitungen zu einer allgemeinen Lehre über den Zerfall der Berge in der Hand der Schwerkraft.

An dieser Stelle möchte ich nun einige weitere Ableitungen samt einer Reihe von Beispielen von Bergzerreißungen anführen, die mir vor allem in den letzten Aufnahmsjahren bei systematischem Suchen begegnet sind.

Zunächst ist festzustellen, daß die Erscheinungen der Bergzerreißung viel verbreiteter und auch mannigfaltiger sind, als ich am Beginne dieser Studien vermutete. Mir waren ja seit vielen Jahren einzelne ausgezeichnete Gleitformungen bekannt, welche aber doch mehr vereinzelt und ohne besondere Bedeutung für Geologie, Morphologie und Bauwesen zu sein schienen.

Diese Meinung muß man unbedingt fallen lassen. Sie bestand zur Zeit der Übersichtsaufnahmen vielleicht zu Recht, weil man ja auf Karten kleinen Maßstabes die Linien der Bergzerreißungen doch nicht eintragen konnte. Heute besitzen wir aber schon für große Teile der Ostalpen gute neue Karten i. M. 1 25.000, auf denen es bereits möglich ist, die größeren Zerreißungslinien einzutragen.

Wenn man dies versucht, so kommt man zu der Einsicht, daß über der ganzen Bergwelt förmlich ein feines Spinnennetz von Zerreißungsfäden ausgespannt liegt und die Summe der davon in Bewegung und Spannung gehaltenen Massen doch eine riesengroße ist.

Dabei darf man nicht vergessen, daß fort und fort an diesen Zerreißungen von der Schwere und auch von Niederschlägen und Frost weitergearbeitet wird und immer wieder aus den Zerreißungen aktive Bergstürze entspringen.

Es ist aber unsere Aufgabe, auch von geologischer Seite alle Beobachtungen über die Hanggleitungen zu verfeinern und weiter auszubauen, da im Gebirge allzu hohe Werte an Leben und Gut von diesen Gewalten ständig bedroht werden.

Die Zerreißungen treten in allen Gesteinsarten auf, wenn auch ihre Formen in den starren Gesteinen leichter aufzufinden sind, weil sie hier schärfere und auch haltbarere Umrisse besitzen. In den weichen Gesteinen hat man es häufig mit einem Auseinanderfließen zu tun. Es ist klar, daß die Zerreißungen ihre Wege vielfach soweit als möglich nach der Vorzeichnung von älteren Strukturen in den Gesteinen richten, welche durch Gewalten der Tektonik eingeprägt worden sind. Durch solche Strukturen können die Linien der leichtesten Zerreißbarkeit wohl vorbereitet und dem Zug der Schwere gut zugänglich sein.

Für eine erste Übersicht über die Möglichkeiten der Bergzerreißungen ist es ratsam, die Gleitvorgänge mit der Neigung und Beschaffenheit der Schichtfolge in eine Beziehung zu setzen.

Ich verfolge dabei den Weg von den einfachsten Voraussetzungen zu verwickelteren in der Hoffnung, auf diese Weise leichter Irrwege vermeiden zu können.

Wenn wir uns vorstellen, daß eine ungefähr horizontale Schichtfolge durch Hebung oder Schub emporgetrieben wird, so verfällt sie, wenigstens in den regenreicheren Klimaten der Erde, unaufhaltsam der Zerschneidung durch Bäche oder Flüsse.

Welche Riesenarbeit eine solche Zerschneidung im Laufe langer Zeiten leisten kann, vermag uns am überzeugendsten der Gran Cañon in Nordamerika zu beweisen.

Es wird nun bei einer solchen Zerschneidung horizontaler Schichten vor allem darauf ankommen, wie diese Schichten beschaffen sind.

Ist die Schichtfolge gleichartig und fest, so können die freigelegten Wandanschnitte eine hohe Standsicherheit besitzen, so daß durch den Zug der Schwere keine Gleitungen entstehen. Das gilt natürlich auch für feste Gesteine nur bis zu bestimmten Wandhöhen.

Die für unsere geologische Untersuchung in Betracht kommenden Wände besitzen jedoch in den meisten Fällen nicht etwa die Gleichartigkeit und Festigkeit eines sorgfältig abgesägten trockenen Probewürfels, vielmehr unterliegen sie den tausend-

fachen Wechselfällen von hart und weich, trocken und feucht, warm und kalt, geschichtet und ungeschichtet, zerspalten und unzerspalten.

Es geht schon daraus hervor, wie viele Formen die Bergzerreißung auch schon bei horizontaler Schichtlage annehmen kann. Die Hauptform der Zerreißung von horizontalen Schichtplatten entsteht durch das Ausweichen weicherer Schichtlagen unter dem Drucke der Überlagerung. Die betreffende weiche oder vielleicht auch nur erweichte Schichte wird im Laufe der Zeit mehr minder stark zusammengepreßt und nach der freien Seite hinausgeschoben. Dadurch wird den auflastenden Schichten die Möglichkeit zum Nachrücken eröffnet.

Die einfachste Form ist also Verdünnung einer nachgiebigen Schichte und vertikales Nachsinken der darüber befindlichen starren Gesteinssäule.

Das ist aber nur ein Grundschema, von dem mehrfache Abweichungen möglich sind. Eine häufige Abweichung ist z. B., daß die nachgiebige Schichtlage durch das Hinausschieben ihre horizontale Lage in eine schiefe ändert. Die Folge ist, daß die Schichtsäule darüber nicht bloß gesenkt, sondern auch gegen außen schief gestellt wird. Diese Lage ist wenig haltbar und führt bald zum Absturz. Sehr viele Bergstürze dürften auf diese Grundanordnung zurückgehen.

Eine weitere häufige Abänderung entsteht dadurch, daß die Ablösung der nachsinkenden Steinsäule nicht mit einer lotrechten Kluft, sondern mit einer schrägen oder mit mehreren solchen ausgebildet wird. So kann durch das einfache Ausweichen einer bestimmten nachgiebigen Zone sogar eine komplizierte Staffelsenkung eingeleitet werden.

In vielen Fällen werden nun aber nicht bloß eine, sondern vielleicht zwei oder drei nachgiebige Schichten in einem Steilgehänge eingeschaltet liegen.

Da gibt es nun viele Möglichkeiten eines gleichzeitigen oder ungleichzeitigen Eingreifens von Senkungen. Dabei kommt auch eine mehrmalige Senkung einzelner Schollen in Betracht.

Wir erkennen, daß bereits eine von der Erosion tiefer angeschnittene horizontale Schichtfolge schon viele Möglichkeiten für Tiefergleitungen in ihrem eigenen Schichtbesitz beherbergen kann.

Wir gehen nun zur Betrachtung von schrägen Schichtfolgen über. Hier ist die erste Wirkung, daß entlang von einer Talkerbe parallel zum Streichen der Schichten die Wirkungen der Gehängespannungen nicht mehr gleichartig sind. Auf der einen Seite liegen die Schichten in der Hangneigung, auf der

Gegenseite aber dagegen. Das muß sich einerseits als Verstärkung, anderseits als Schwächung der Gleitfähigkeit auswirken.

Auf einer schrägen nachgiebigen Schichtzone kann bei einer Ausquetschung das Hangende kaum mehr eine Ruhestellung gewinnen, sondern wird zum Bergsturz übergehen. Wesentlich günstiger liegen die Verhältnisse bei bergein fallenden Schichten.

Hier sind die Aussichten, daß auch nach Ausquetschung von nachgiebigen Zonen immer noch die gesenkten Schollen hangbeständig bleiben können, ziemlich günstig.

Viel kompliziertere Fälle können an den Steilanschnitten von gefalteten Schichten verwirklicht werden.

Hier ist es schwierig, eine zutreffende Übersicht der Möglichkeiten zu entwerfen.

Für einen Sattel kann z. B. der Einschnitt einer Talkerbe recht verschieden wirksam liegen. Fällt die Kerbe in die Mitte des Sattels, so zeigen beide Anschnitte desselben so ziemlich dieselben Bedingungen von bergein fallenden Schichtfolgen. Bei seitlichem Anschneiden eines Gewölbes kann sich das aber sehr ändern. Ebenso ist der Einschnitt in eine Mulde je nach seiner Richtung von verschiedener Wirksamkeit auf die Belebung der Hanggleitungen.

Noch mehr Möglichkeiten bietet die Zerschneidung eines schärfer gefalteten Berglandes an Auslösungsbereitschaften. Hier wird aber oft die Untersuchung der Hangspannungen zu einem geologisch wunderbaren Problem.

Diese Untersuchungen der vor allem an Steilanschnitten zur Auswirkung kommenden Zerreißungen verfolgen einerseits wissenschaftliche, anderseits aber auch praktische Aufgaben.

Die wissenschaftlichen Aufgaben haben zunächst das Ziel einer Verfeinerung der geologischen Landesaufnahme. Am interessantesten sind dabei jene Formen von Hanggleitungen, die mit Formen der Großtektonik verwechselt werden können. Es ist von Wichtigkeit, in den Verlauf der Großtektonik nicht Strukturen von lokalen Gleitbewegungen einzubauen. Wie uns diese flüchtige Übersicht schon belehrte, ist eine der ersten Wirkungen der Hanggleitungen eine Vermehrung der Gehängeabstufungen.

Nachdem bekanntlich die Morphologie viele ihrer Überlegungen an das Vorhandensein und die gegenseitige Verbindung von Gehängestufungen knüpft, so ist die Einschaltung von neuen, jungen Abstufungen eine unerwünschte Erschwerung der Untersuchungen. Es ist eine ähnliche Schwierigkeit, wie wenn man im Zuge einer Vermessung bemerkt, daß einzelne Fixpunkte ihre Lage geändert haben.

Die Prüfung der Gehängestufen auf ihre Lagefestigkeit wird sich daher bei der Häufigkeit der Hanggleitungen in Zukunft nicht mehr umgehen lassen. Die Bergzerreißungen erlangen in den Gipfelregionen ein besonderes Maß von Deutlichkeit, vor allem, weil hier die Verhüllungen durch den Pflanzenwuchs wegfallen. Wer einigermaßen mit den Gipfelformen im unvergletscherten Hochgebirge vertraut ist, wird sich an das Spiel der Zerreißungen leicht erinnern.

Die Zerlegung vieler Gipfel in Reihen von Türmen und Zacken ist auf vielen Bildern klar zu erkennen.

Dem Bergsteiger ist aber auch wohl bekannt, daß auf vielen Graten besonders glatte und schwierige Platten die Zerreißung und Abspaltung einzelner Türme zu begleiten pflegen. Diese Art von Feintektonik der Hochgebirgsgrate hat mit Großtektonik vielfach nichts zu tun.

Sie wird auf den meisten Profilen nicht richtig bemerkbar, besonders wenn dieselben nicht gleich an Ort und Stelle gezeichnet werden.

Durch das Profilzeichnen nach der Karte gehen die meisten dieser Detailangaben verloren.

Während an den Gipfelformen der Zerfall in einzelne Türme und Pfeiler sehr auffällig wird, stellen sich längs der flacheren Gratstrecken die Zerreißungen oft in der Form von mehreren parallelen Senkungsgräben ein. Sie sind geradezu eine typische Begleitung der flachen Gratkanten und treten im Kalk- wie im Urgebirge gleichartig auf.

Es gibt Kämme genug, wo diese offenen Abrißklüfte so weit klaffen, daß man Häuser hineinstellen könnte. Der Winterschnee sammelt sich in diesen Gräben und seine Schmelzwässer erweitern die Klüfte unablässig. So gewinnen diese oft tiefgreifenden Klüfte auch eine Bedeutung für die Wasserversorgung der tieferen Berghänge durch das Sammeln und Einkellern des Winterschnees. Solche Wasserwege entlang der Klüfte haben häufig auch die Wirkung, den gleitfähigen Schichten die für Ausquetschungen nötige Feuchtigkeit zuzuführen.

So sehen wir, wie die hohen Klüfte das Wasser sammeln, das dann zum Betrieb der Gleitungen verwendet werden kann. Ohne diese hohen Kluftwässer wäre die Durchfeuchtung der Steilhänge nicht so intensiv möglich. Es frägt sich nun, wie diese zahlreichen Zerreißungen der Gipfel und Kämme mit den Abgleitungen an den tieferen Hängen zu verbinden sind.

Dies ist nur an wenigen Berghängen zusammenhängend zu überblicken.

Wie die Untersuchungen an der Nordseite des Stanserjoches gezeigt haben, nimmt die Steilheit der Gleitflächen von oben nach unten ab. Die obersten Flächen zeigen ca. 90°, dann folgen tiefere mit etwa 70° und endlich solche mit etwa 40°. Die letztere Neigung entspricht schon ungefähr der Hangneigung.

Es ist natürlich nicht unbedingt nötig, daß die obersten Gleitungen mit den unteren unmittelbar zusammenhängen. Es ist eine Frage, die noch weitere Untersuchungen erfordert, ob das Wachstum der Zerreißung von oben nach unten oder umgekehrt fortschreitet oder ob dieselbe an verschiedenen Stellen eines Berghanges unabhängig auftritt. Wahrscheinlich sind alle diese Verbandsverhältnisse verwirklicht.

Der letztere Fall des unabhängigen Auftretens an verschiedenen Stellen ist bei einem mehrfachen Anschnitt nachgiebiger Schichten ziemlich wahrscheinlich. Es kann sogar im Zuge des Tieferschneidens eine obere Gleitzone zuerst in Tätigkeit treten, dann aber auch noch tiefere, sobald sie von der Erosion freigelegt werden.

In solchen Fällen wandert die Gleitung von oben nach unten und ihre einzelnen Stufen können unabhängig nach Raum und Zeit in Wirksamkeit treten.

Ganz anders liegt aber der Fall, wenn nur am Sockel eines Berges durch den Lastdruck die Gesteinsfestigkeit überschritten und diese zerdrückte Zone gegen das Tal zu hinausgedrängt wird.

In diesem Falle beginnt die Abgleitung im Sockelgebiete und kann von dort durch Entziehung der Unterstützung noch aufwärts fortschreiten.

Damit entsteht über dem unzerrissenen Kerngebirge eine Kette von beweglichen Schollen, die langsam gegen die Taltiefe wandern und den Berg erniedrigen. Freilich bleibt bei einer solchen Anlage die Gefahr eines Bergsturzes immer in der Nähe.

Es gibt aber neben dem donnernden, polternden Bergsturz eine Reihe von Übergängen zu Gleitformen, welche alle Umwandlungen innerlich und geräuschlos vollziehen. Der Zustand, daß ein ganzer Berghang zwar die stabile Verbindung mit dem tieferen Berggehänge verliert, aber doch in seiner Masse genügend abgestützt bleibt, daß seine Talwanderung nur langsam vor sich geht, ist wohl häufiger als man bisher glaubte.

Durch die vielen Stollenbauten der Wasserkraftwerke sind in den letzten Jahren mehrfach derartige Gleitmassen durchstoßen worden, wobei sich ein sehr hohes Maß von innerer Zertrümmerung oft bis zur Bildung von Gesteinsbrei gezeigt hat.

Da dazu meist noch reiche Wasserführung in dem vielfach offenen Trümmerwerk kommt, kann man das Maß von Schwierigkeit und Gefahr für den Stollenbau in solchen Gleitmassen leicht ermessen.

Über Tag kann jedoch ein solches Gelände mit Wald und Wiesen und guter Besiedelung einen ruhigen Berghang vortäuschen, da die unterirdischen Umlagerungen entweder ganz langsam vor sich gehen oder durch längere Zeiten völlig zum Stillstand gekommen sind.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen möchte ich nun noch eine Reihe von typischen Bergzerreißungen im einzelnen abbilden und besprechen.

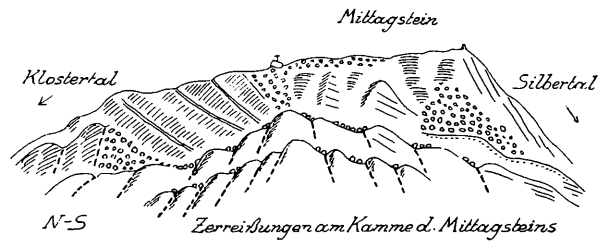


Fig. 1.

Wenn man sich darüber klar werden will, ob die Bergzerreißungen wirklich in erster Linie vom Zuge der Schwere hervorgerufen und geleitet werden, so ist es am besten, die Untersuchungen auf den Kammhöhen zu beginnen.

Auf den Kämmen zwischen zwei Tälern besteht die Aussicht für eine Entscheidung, weil sich hier die Zugkräfte von beiden Talseiten begegnen müssen. Der Zug der Schwere ist unzerlegt ein lotrechter. Von diesem Zug kann sich aber nur eine ungefähr der Hangneigung parallele Komponente für die Bergzerreißungen auswirken, während die dazu senkrechte von der Druckfestigkeit der Gesteine aufgehoben wird.

Die Druckfestigkeiten sind bei den Gesteinen im allgemeinen aber bei weitem höher als die Zugfestigkeiten. Nach dem Lehrbuch der „Technischen Geologie von J. Stini“ beträgt die Zugfestigkeit bei Durchbruchsgesteinen etwa $^1/_{30}$ bis $^1/_{60}$ der Druckfestigkeit, bei dichten oder kristallinen Kalken etwa $^1/_{20}$, bei Sandsteinen $^1/_{18}$ bis $^1/_{40}$.

Die Biegefestigkeit ist auch nur wenig größer als die Zugfestigkeit.

Aus diesem Verhalten der Gesteine gegen Zug geht unmittelbar hervor, daß sich Zerreißungen viel leichter ausführen lassen als Zerpressungen.

Als Beispiele für die Verteilung der Zerreißung auf Kammhöhen führe ich (Fig. 1) Querschnitte des Mittagsteins und (Fig. 2) solche durch den Kamm des Gantekopfs vor.

Der Kamm des Mittagsteins besteht zur Hauptsache aus einem festen Muskovitgranitgneis, der die Zerreißungen klar erkennen läßt.

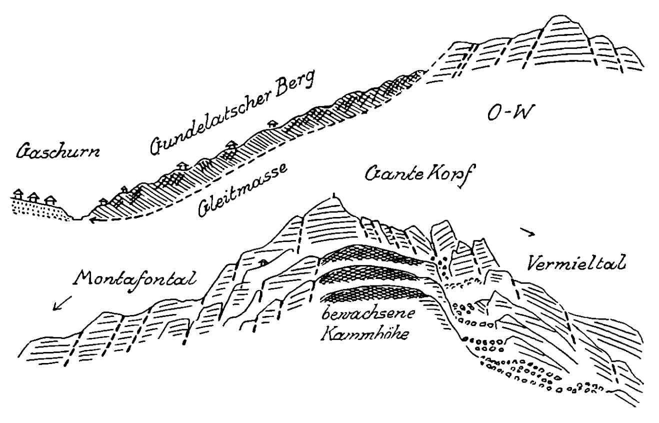


Fig. 2.

Der Mittagstein erhebt sich östlich von dem Kristberg-Sattel zwischen dem Kloster- und Silbertale in Vorarlberg.

Wie Fig. 1 zeigt, wechseln die Zugrisse auf der Kammhöhe ihre Neigungsrichtung.

Die einen fallen dem Klostertale zu, die anderen aber dem Silbertale.

An diesen Klüften haben auch deutlich erkennbare Absitzungen stattgefunden. Die durch solche Absitzungen geschaffenen Stufen und Gräben sind vielfach mit jüngerem Bruchschutt bedeckt.

Ganz ähnlich gibt sich der Zerreißungsplan auf dem Kamm des Gantekopfs zu erkennen, der aber aus Amphibolit besteht. Er liegt westlich von Gaschurn zwischen dem Montafoner- und dem Vermieltale.

Die Scheitelung des Kammes fällt hier deutlich mit der Scheitelung der Abrißklüfte zusammen. Auf der Seite gegen das Vermieltal ist es sogar zum Einbruch eines langgestreckten

Grabens gekommen, der mit riesigem Trümmerwerk angefüllt erscheint.

Vom Kamm des Gantekopfs hat sich gegen das tief eingeschnittene Montafontal zu eine große Gleitmasse abgelöst.

Dieselbe erreicht eine Höhe von ca. 1000 *m* und eine größte Breite von nahe 1000 *m*.

Diese ganze Masse befindet sich derzeit in Ruhe, wenn man von kleineren Rutschungen absieht, die durch den Einschnitt der Eisenbahn veranlaßt wurden.

Wir haben an dem Gaschurner oder Gundelatscher Berg einen der bestbesiedelten Berghänge des Montafonertales vor uns. Daran ist einerseits die wunderbare Stufung durch die Gleitung, anderseits der leicht verwitterbare Granatglimmerschiefer schuld, der die Hauptmasse des Gleitkörpers bildet. Die ganze Gleitmasse ist in viele, oft gegenfällige Stufen und Wülste gegliedert.

Die Glimmerschiefer nehmen eine verworrene Lagerung ein und legen sich oben auf die Amphibolite des Kammes zwischen Burg- und Gantekopf. Die Grenzfläche ist eine glatt geschliffene Gleitfläche mit einem Gefälle von ca. 40° gegen O.

Oberhalb von diesem geschliffenen Felsrand setzen dann im Amphibolit gleich mächtige Abreißungen und Gesteinszertrümmerungen ein, die bis zur Kammhöhe emporreichen.

Die Verflachung des Gehänges ist mit Bergmähdern bekleidet, zwischen deren glatten Flächen die Linien der Zerreißungen besonders deutlich werden. Es hat den Anschein, als ob sich hier eine neue Gleitung vorbereiten würde.

Die Form der Gleitung des Gundelatscher Berges ist in den Alpentälern vielfach wiederholt.

Gleich südlich von Bludenz zeigt die schöne Gleitung der Salum Mähder dieselbe Grundanordnung. Hier besteht der Gleitkörper jedoch aus Lechtaler Kreideschiefern. Es ist interessant, daß auf dieser Gleitmasse anscheinend alle kristallinen erratischen Blöcke fehlen, die zu beiden Seiten derselben hoch hinauf verstreut liegen.

Möglicherweise sind dieselben in den zahlreichen Zerrungsfugen verschwunden.

Bei diesen beiden Gleitungen haben wir es mit weichen und gut gleitfähigen Schichten zu tun.

In den harten Triaskalken des Karwendels prägen sich die Zerreißungen in viel schrofferen Formen aus. Als ein Beispiel führt Fig. 3 den Anblick der Nordwand von Lamsen- und Schafkarspitze vom Gramei-Joch aus vor. Wir haben die mächtige Platte von Wettersteinkalk-Partnachschichten-Muschelkalk uns gegen-

über, die hier auf Hauptdolomit-Kössener Schichten und Jura aufgeschoben liegt.

Der Gipfelkörper wird von einer Reihe von steilen Klüften zerschnitten, an denen mehrfach auch deutliche Absenkungen stattgefunden haben. Insbesondere ist zwischen Lamsen- und Schafkarspitze ein mächtiger, doppelter Felskeil abgesunken. Begibt man sich auf die Südseite dieses wilden Kammes, so trifft man genau auf die tiefe mehrstufige Treppe des Lamskares und das breitere Schafkar, die sich steil zum Zwerchloch hinabsenken. Im Lamskar haben wir eine mindestens vierfache Kartreppe in blankem Fels vor uns. Kleine Moränenringe finden sich nur

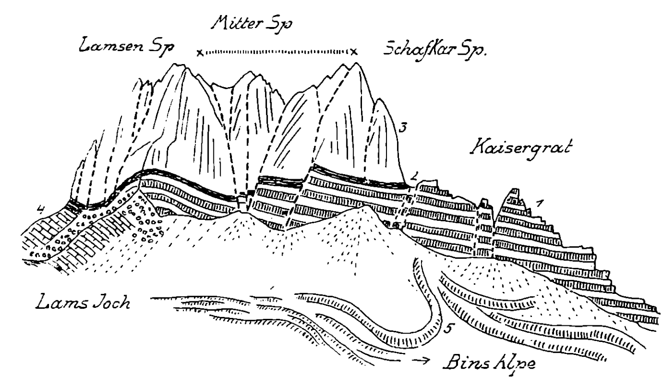


Fig. 3.

1 = Muschelkalk.
2 = Partnach Sch.
3 = Wettersteinkalk.
4 = Hauptdolomit.
5 = Moränenwälle.

×||||||||||× = Senkungsklüfte, die mit der Schaffung des Lams- und Schafkares in Beziehung stehen.

ganz oben zwischen 2100 bis 2200 *m*. Das Schafkar ist tief verschüttet. Hält man nun diese tief und schroff eingeschnittenen Karformen mit den Kluftbildern von Fig. 3 zusammen, so erkennt man, daß hier die Einsenkung dieser Karformen zwischen Lamsen- und Schafkarspitze deutlich genug vorgezeichnet ist.

Offenbar ist diese Einsenkung mit der Begrenzung von Lams- und Schafkar gleichlaufend.

So geht aus dieser Betrachtung hervor, daß man die Formen der Bergzerreißung vielfach auch für die Erklärung von Gehängeformen benützen kann, die gar nicht mehr auf derselben Bergseite liegen.

Das Kluftsystem vermag manche Bergform in gewissem Sinne zu durchleuchten.

Ausgezeichnete Formen der Bergzerreißung bietet auch das Sonnwendgebirge im Unterinntal. Die verhältnismäßig kleine Berggruppe erhebt sich steil aus dem Inntal im S, aus dem Achenseetal im W, aus dem Steinbergertal im N und aus dem Brandenbergertal im O.

Nach allen diesen Seiten sind vom Sonnwendgebirge Gleitungen oder Bergstürze niedergegangen. Der größte dieser Bergstürze ist jener des Pletzachkopfes, welcher fast das ganze Inntal bei Brixlegg mit seinen Blöcken von Riff- und Liaskalk überschüttet hat.

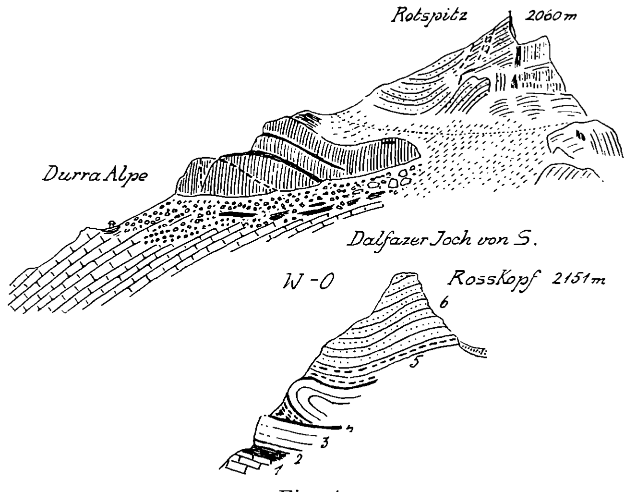


Fig. 4.

1 = Hauptdolomit-Plattenkalk.
2 = Kössener Sch.
3 = Weißer Riffkalk.
4 = Roter Liaskalk.
5 = Radiolarien Sch. und Hornsteinbreccie.
6 = Oberjurakalke.

Es gibt aber auch zahlreiche Zerreißungen, welche nicht die Reife von Bergstürzen erreicht haben.

Fig. 4 liefert eine schematische Ansicht des Gehänges des Dalfazerjoches von S und einen Querschnitt nach Spengler.

Wir haben einen Sockel von Hauptdolomit und darüber Kössener Sch. Letztere, sehr gleitsame, tonreiche Schichte trägt den Oberbau aus Riffkalken, Liaskalken, Radiolarien Sch., Hornsteinbreccien und Oberjura.

Wie Fig. 4 angibt, erscheinen nun die Riffkalke samt den Liaskalken in der Durrawand mit großer Gewalt vierfach übereinander geschoben. Etwas weiter nördlich erscheint nach Spengler eine kleine Falte eingeschaltet.

Auf diese gegen den Steilabfall der Durraalpe vorgedrängte Anschoppung folgt weiter bergein eine große Schichtlücke. Erst noch weiter einwärts stellt sich wieder der Riffkalk mit Auflagerungen von rotem Liaskalk ein.

Man kann die hier vorliegende Anordnung unschwer als eine typische Gleitung auffassen. Auf der schrägen Unterlage der Kössener Sch. kamen ihre Hangendschichten ins Gleiten und

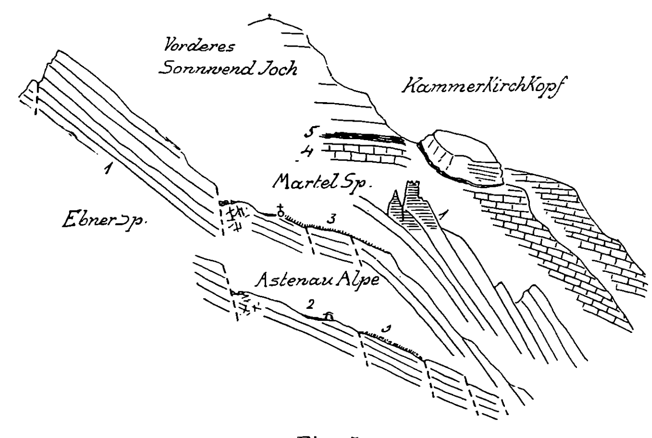


Fig. 5.

1 = Wettersteinkalk.
2 = Sandsteine } Raibler Sch.
3 = Rauhwacken } Raibler Sch.
4 = Hauptdolomit.
5 = Kössener Sch.

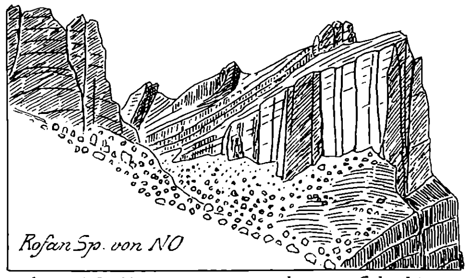
häuften sich vierfach übereinander. Durch diese Gleitung wurden diese Schichten nach vorne geschoben und von ihrem Hintergrunde abgerissen. So bildete sich entsprechend der vorderen Anschoppung eine hintere Lücke aus, in welche die Jura Sch. des Dalfazer Joches einrückten.

Der Oberteil des Dalfazer Joches, hier der Gelben Wand, zeigt auch kleinere Gleitungen, die aber nicht mehr das Ausmaß jener der Durrawand erreichen. Weiter südlich sind dann am Häuserer Köpfl große Massen von Riffkalk und Lias bis zur Sohle des Achentales abgeglitten. So kam der Lias in ein sehr tiefes Niveau und konnte steinbruchmäßig für den Bau der neuen Autostraße gewonnen werden.

Auch an der Südseite des Sonnwendgebirges hat die Bergzerreißung interessante Formen herausgebildet, von denen Fig. 5 einige in Umrissen vorführt.

Hier ist zunächst der Abfall der Ebner Sp. gegen Wiesing durch kräftige Absitzungen deutlich gegliedert. Einer solchen besonders ausgiebigen Absitzung verdankt auch die schön gelegene Astenau Alpe ihre Lebensbedingungen. Durch diese scharfen Absitzungen konnten sich hier auch Rauhwacken, Sandsteine und Tonschiefer der Raibler Sch. noch als Hangendes des Wettersteinkalkes erhalten, welche dem Gipfel fehlen.

Östlich von der Stufe der Astenau Alpe springt der kühne Turm der Martel Sp. vor, dessen Wände auffallend geglättet und mit horizontalen Schubstriemen verziert sind. Eine recht klare



Vertikale Zerreißung von schrägen Schichten.

Fig. 6.

Gleitform bildet dann der Riesenblock des Kammerkirchkopfes, der aus Riff- und Liaskalk besteht und auf Kössener Sch. zur Abgleitung gekommen ist. Merkwürdig erscheint, daß derselbe gerade noch am Rande des Steilabsturzes zur Ruhe gekommen ist. Wahrscheinlicher ist es wohl, daß zur Zeit der Gleitung hier noch eine breitere Terrasse vorhanden war.

So kann auch der Halt einer Gleitmasse knapp vor einem Steilabsturze morphologische Rückschlüsse gestatten. In der Einleitung wurde schon betont, daß sich die Bergzerreißung häufig mit Vorteil älterer tektonischer Strukturen für die Bergzerlegung bedient.

In sehr vielen anderen Fällen reißt sie aber auch die älteren Strukturen rücksichtslos durch.

Ich führe für diesen Vorgang vier Beispiele an.

Das erste (Fig. 6) betrifft die Querzerschneidung einer ausgesprochenen Schichtung. Die Zeichnung zeigt die N- und O-Ab-

stürze der Rofan Sp. im Sonnwendgebirge. Die Schichtung der weißen Riffkalke, Liaskalke, Radiolarien Sch. fällt mit ca. 45° gegen S ein. Die Abreißklüfte zeigen dagegen eine lotrechte Anlage.

Die Unabhängigkeit der Zerreißung von der Schichtlage kommt hier prächtig zum Ausdruck. Ebenso ist die Stellung der Reißklüfte ganz genau an die derzeitige Bergform gebunden.

Damit ist auch bewiesen, daß die Zerreißung erst in einer verhältnismäßig jungen Zeit eingetreten sein kann und seither die Stellung der Gipfelwand nicht verändert wurde.

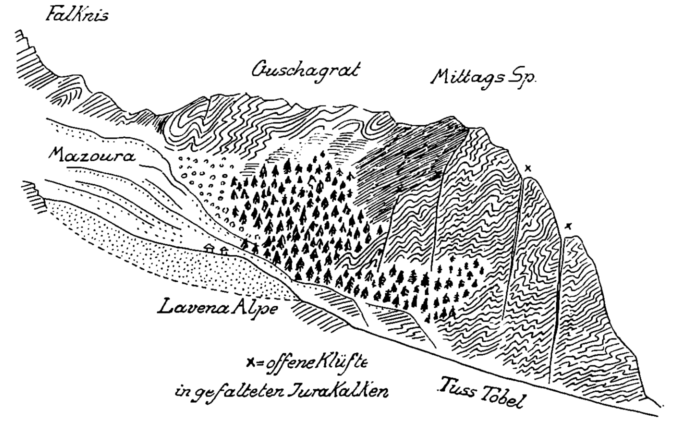


Fig. 7.

Wir haben daher in der Reißklüftung auch ein sehr empfindliches Instrument für die Messung der Formbeständigkeit der Gipfelwände vor uns.

Eine Aufgabe der weiteren Untersuchung bildet die Beschaffenheit der Kluftwände. Die Öffnung der Klüfte kann einerseits durch seitliche, anderseits durch vertikale Bewegung entstehen. In diesen Fällen wären die Kluftwände auf Schubstriemen zu untersuchen. Es ist aber auch möglich, daß es sich nicht um Verschiebungen parallel zu den Kluftwänden, sondern um reine Abreißung durch Zug senkrecht auf die Klüfte handelt. In diesem Falle müssen die Kluftwände rauhe Zerreißungsflächen zeigen.

Eine andere Form der Unabhängigkeit der Bergzerreißung von den älteren tektonischen Strukturen legt Fig. 7 vor.

Hier besteht die Altstruktur in einer außerordentlich lebhaften Verfaltung von Malm- und Tithon Sch. im Leib der Mittags Sp., welche mit riesigen Wänden ins Tuß Tobel und gegen

Balzers ins Rheintal abstürzt. Die hier aufgerissenen Klüfte haben eine Höhe von 500 bis 600 *m* und sind auffallend geradlinig begrenzt. Sie durchreißen die Vorzeichnung der Faltung glatt und zeigen dadurch ihre junge und gewaltsame Anlage an. Wir erkennen hier die Zuggewalt der Steilabstürze gegen die tiefe Rheintalfurche, welche imstande war, den dicht verfalteten Bergkörper so sauber und glatt zu zerreißen.

Die Zeichnung (Fig. 8) bringt ein Bild von der Nordseite des Panüler Schrofens, welches man am Aufstiege über den Leiber Weg zur Straßburger Hütte leicht beobachten kann. Hier

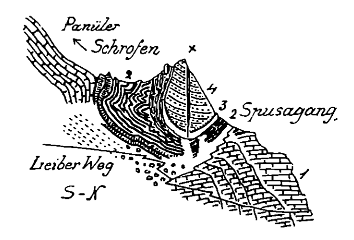


Fig. 8.

1 = Hauptdolomit und Plattenkalk.
2 = Kössener Sch.
3 = Oberrhät- und bunter Liaskalk.
4 = Liasfleckenmergel.
× = Offene Kluft.

schneidet die Bergzerreißung eine schöne Muldenform gerade in der Mitte glatt auseinander. Bei Stollenbauten wurde innerhalb des steilen Scheidekammes zwischen Stillupp- und Zemmtal eine vertikale Kluft durch einen Schacht ca. 25 *m* tief aufgeschlossen.

Fig. 9 legt ihre räumlichen Beziehungen zum Bergkörper vor.

Der Bergkamm besteht aus einem porphyrisch ausgebildeten groben Augengneis mit zahlreichen, oft breiten Quarzgängen. Das Gestein besitzt eine außerordentliche Festigkeit, so daß zum Aussprengen des Stollens Sprenggelatine mit 95% Nitroglyzerin verwendet werden mußte.

Die Schieferung des Zentralgneises steht senkrecht und ihr Streichen liegt in SW—NO.

Trotz dieser außerordentlichen Gesteinsfestigkeit wurde nun sogar schräg zum Streichen der Schieferung eine vertikale Kluft aufgerissen, die durch einen senkrechten Schacht auf eine Tiefe von ca. 25 *m* aufgeschlossen wurde. Die Kluft zeigte eine Breite von 5 bis 10 *cm* und ist mit rotem, seltener mit grünem Lehm dicht ausgefüllt.

Wie eine Schlämmanalyse im Institut von Professor Dr. Ing. J. Stini gezeigt hat, handelt es sich dabei um eine Einschwemmung verunreinigter Lateritstoffe, welche hier wohl nur interglazial oder präglazial sein können. Wie der vergrößerte Querschnitt II lehrt, ist diese Lehmfüllung nicht gleichmäßig. Vielmehr ist etwa die eine Hälfte aus einem zähen, knetbaren, roten Lehm gebildet, die andere dagegen aus Lehm mit kleinerem Gneisbröckelwerk. Diese doppelte Füllmasse ist wohl auf ein zweimaliges Aufreißen und eine zweimalige Füllung zurückzuführen.

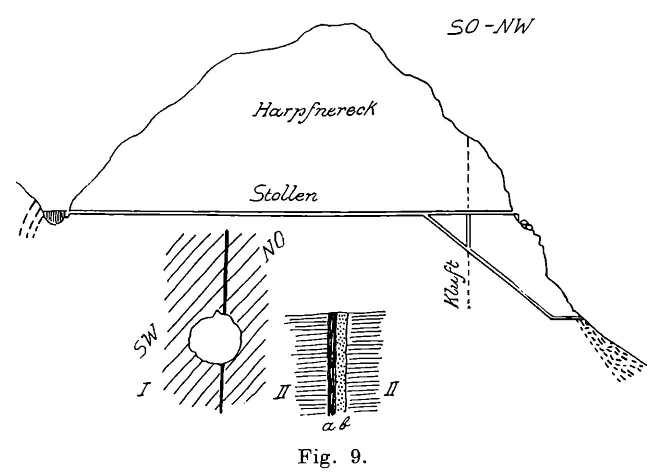


Fig. 9.

Die Kluftwände sind nicht glatt geschliffen, sondern bruchrauh. Über Tag wurde das Ausstreichen der roten Kluft nicht gefunden, wohl wegen der dichten Moos- und Schuttdecke der Wände.

Sicher handelt es sich um eine Zerreißung des Steilhanges gegen das benachbarte Tal hinunter. Wegen der Kluftfüllung mit Lateritmaterial ist ein höheres Alter dieser Kluft wohl unabweisbar. Es kommt entweder das warme Interglazial zwischen Mindel- und Rißeiszeit oder tertiäres Alter in Betracht. Hiebei ist von Interesse, daß von H. Bobek schon 1930 vom Kreuzjoch 2170 *m*, südöstlich von Lanersbach Konglomerate und Breccien beschrieben wurden, die er ins Jungtertiär gestellt hat. Von unserer Spalte sind diese Ablagerungen in der Luftlinie ca. 7 *km* entfernt.

Die Möglichkeit, daß diese tertiären Ablagerungen auch bis in die Nähe des Harpfnerecks reichten, ist nicht ausgeschlossen.

Da in diesen Konglomeraten vom Kreuzjoch auch reichlich Kalke vertreten sind, wäre auch der bescheidene Kalkgehalt des Laterits verständlich.

Wie uns dieser seltene Fall beweist, kommen auch Klüfte vor, die durch lange Zeiten bestandfähig bleiben können. Die Zerreißungsklüfte, welche wir bisher in Betracht zogen, waren im allgemeinen nur wenig geöffnet. Es gibt aber eine sehr große Anzahl von Klüften, die ursprünglich wahrscheinlich auch schmal waren, die aber im Laufe langer Zeiten von der Verwitterung breit und rauh ausgefressen wurden.

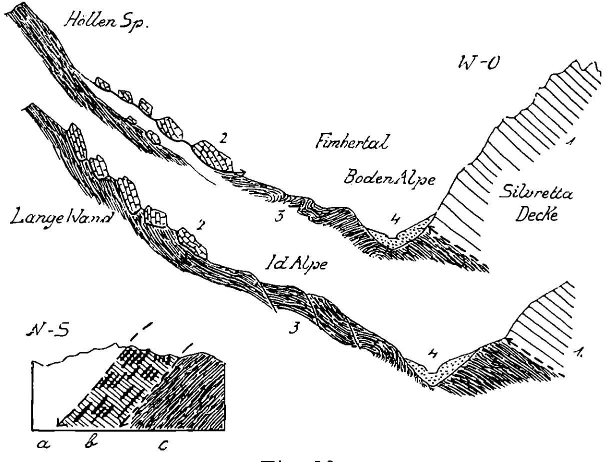


Fig. 10.

1 = Amphibolite, Augengneise.
2 = Liaskrinoidenkalke.
3 = Bündnerschiefer.
4 = Bach- und Hangschutt.

a = Silvrettadecke.
b = Verschuppungszone.
c = Bündnerschiefer.

Dies ist eine wesentlich andere Entwicklung als etwa bei jenen Klüften, deren Breitwerden vielleicht schon den Losbruch eines Bergsturzes bedeutet oder wenigstens vorbereitet.

Die Klüfte, welche durch Setzungen oder Zerrungen geöffnet wurden und dann allmählich zu Runsen oder Schluchten auswittern, setzen einen Unterbau voraus, der nicht fortlaufend zu Gleitungen neigt.

Von vornherein ist wahrscheinlich, daß sich die Bedingungen für eine Anlage von so dauerhaften Klüften einerseits in Gebieten von flacher Schichtlagerung, anderseits aber auf Kämmen und Hochflächen am leichtesten einstellen.

Wir finden bei einer Musterung der Ostalpen auch tatsächlich die schönsten Gliederungen zu Turmgestalten bei horizontaler oder wenig geneigter Schichtstellung, wie sie vor allem in den Südtiroler Dolomiten über weite Gebiete hin herrscht.

Es ist aber hier in vielen Fällen eine Verwechslung von tektonischen Klüften mit solchen des Schwerezuges recht naheliegend.

Daher ist eine genauere Untersuchung erforderlich, um diese in ihrer Anlage so verschiedenen Zerklüftungen auseinander zu halten.

Endlich ist sogar möglich, daß tektonisch veranlagte Klüfte später in die Gewalt des Schwerezuges geraten und davon weiter ausgebaut werden.

Denkbar ist auch der umgekehrte Fall, daß Klüfte des Schwerezuges bei einer Faltung oder Überschiebung tektonisch weiter verwendet werden. Das kann z. B. bei Reliefüberschiebungen unschwer eintreten und die Ablösung und Verschleppung von Schubschollen und Schubkeilen erleichtern.

Die genauere Verfolgung und Kartierung von Klüften und Gleitungen ist nicht nur eine Angelegenheit der vorschreitenden Verfeinerung der geologischen Landesaufnahme, sondern auch ein wichtiges Hilfsmittel für einfachere Auflösungen von Lagerungen, für die eine rein tektonische Behandlung schwer verdaulich werden kann.

Als ein Beispiel für diesen Fall möge (Fig. 10) dienen, die dem Formenschatz des Fimbertales im Paznaun entnommen ist.

Wir befinden uns hier im Bereiche des Unterengadiner Fensters. Das Fimbertal verläuft von S gegen N und mündet bei Ischgl ins Paznauntal. Die zwei Profile von Fig. 10 schneiden über das Fimbertal in der Richtung O-W.

Auf der Westseite des Tales lagern die riesigen Gneismassen der Silvrettadecke, in der hier Amphibolite vorherrschen.

Auf der Ostseite machen sich die Bündnerschiefer mit verschiedenen fremdartigen Schollen breit. Unter diesen Schollen fallen die fossilführenden schönen Liaskrinoidenkalke besonders auf. Sie sind in lauter kleinere Schollen zerrissen, die teils in den Bündnerschiefern stecken, teils auf ihnen liegen.

Bisher sind diese Einschaltungen als Bestandteile einer eigenen Verschuppungszone im Liegenden der Silvrettadecke aufgefaßt worden, wie das kleine Schema zeigt, das dem Alpenquerschnitt von Ampferer-Hammer aus dem Jahre 1911 entnommen ist.

Man darf nun nicht vergessen, daß das kleine Schema die Verhältnisse im N-S-Schnitt bringt, während die zwei Profile senkrecht dazu in O-W verlaufen.

Immerhin erscheint auch hier die Deutung als Gleitung weit einfacher als jene als hochkomplizierte tektonische Verschuppung. Die Einfügung einer größeren Platte von Liaskrinoidenkalken ins Liegende der Silvrettadecke ist bestimmt rein tektonisch.

Für den Zerfall und die Abwärtswanderung der Teilschollen scheint mir aber Gleitung auf den Bündnerschiefern doch die zutreffendste Deutung.

Die Bündnerschiefer der Höllen Sp. und Id-Alpe stellen ein ausgezeichnetes, zähfließendes Gleitmaterial vor, dessen Bewegung die welligen Bodenformen und viele offene Risse verkünden.

Mit diesem abwärts wandernden Gehänge passen die auseinander gerissenen Stücke der Liaskrinoidenkalke vorzüglich zusammen. Die Zerreißung der Kalkplatte würde mit dem Tieferschneiden des Fimberbaches zusammenhängen und also eine junge Erscheinung sein, die wahrscheinlich auch heute noch weitergeht.

Die wenigen hier vorgelegten Beispiele von Bergzerreißung wurden zusammengestellt, um den Wert ihrer Beachtung zu beleuchten. Diese Zerreißungen sind in den Alpen außerordentlich häufig. Es ist anzunehmen, daß in höheren und noch schärfer eingeschnittenen Gebirgen die Wirkungen der Zugspannungen noch gesteigerter sind.

Vergleiche zwischen den verschiedenen Gebirgen und ihren Klimazonen stehen in bezug auf Häufigkeit der Bergzerreißungen heute noch aus.

Soviel ist aber sicher, daß der Geologe, der Morphologe und der Bauingenieur von dieser Art von Gehängeforschung unmittelbare Vorteile zu erwarten haben. Den Geologen vermögen die Linien der Bergzerreißung zu manchen unbeachteten oder verborgenen Aufschlüssen zu führen.

Sie eröffnen ihm gerade in Gebieten von komplizierter Tektonik oft aussichtsreiche Wege zu neuen und einfacheren Auflösungen der Verhältnisse.

Die Formen der Bergzerreißung weisen aber nicht allein rückwärts in die Vergangenheit, sondern auch vorwärts in die Zukunft.

Sie zeigen uns die in ihrer Bewegung lebendigsten Zonen, von denen die nächsten Gehängeverschiebungen zu erwarten sind. Dieses Gebiet der Gehängeforschung und Voraussicht in die zu-

künftigen Gehängegestaltungen ist bisher von der geologischen Landesaufnahme viel zu wenig beachtet worden. Freilich ist für diese Zwecke die Verwendung von größeren Kartenmaßstäben unerläßlich.

Als ein Beispiel einer solchen Aufnahme habe ich die Absicht, das östliche Blatt der neuen Karte des Karwendelgebirges 1 25.000 herauszugeben.

Auch für den Morphologen bedeutet die Beobachtung der Bergzerreißung eine Fülle von interessanten Aufgaben.

Gehänge und Bergformen als zuggespannte und langsam zerreißende Teile der Erdoberfläche zu begreifen, wirft neues Licht auf die Gliederungen des Berggefüges.

Hang- und Bergformen werden so unmittelbar mit dem Einschneiden der Täler durch Zerreißungen zusammengespannt.

Viele neue Möglichkeiten zur zeitlichen Einordnung von einzelnen Formen ergeben sich aus dieser Betrachtung der Zugverbundenheiten.

Auch für das Abwärtswandern der Stufen und die Schaffung von Karhohlräumen bieten sich neue Antworten.

Dem Bauingenieur wird die Kenntnis der Hanggleitungen und Bergzerreißungen für seine Beurteilung der Baugelände im Gebirge ein wichtiger Ratgeber.

Eine zutreffende Voraussicht kann hier Fehlbauten verhindern und so in vielen Fällen große Teile der Bausummen vor Verschwendung schützen.